云 南 植 物 研 究 1987; 9 (4): 427—435
Acta Botanica Yunnanica

云南松地理种源研究

I. 苗期试验

罗方书 万国华 皮文林

(中国科学院昆明植物研究所，昆明)

摘要 对来自27个不同种源的云南松 (*Pinus yunnanensis* Fr.) 进行苗期试验，测定苗高和地径生长量，并对其21个月生的苗高和地径进行方差分析。结果表明：不同种源的云南松在相同试验条件下，其苗高和地径差异极为显著，初步选出其苗高超过对照 (安宁种源) 175.3—205.3%的10个种源，可供造林试验用种。本试验还对云南松形态特征的地理变异规律及其相互间的关系进行了初步探讨。

关键词 云南松；地理种源；苗期试验

云南松 (*Pinus yunnanensis* Fr.) 是西南地区的主要用材树种之一。分布于云南、四川、贵州、广西和西藏。其地理位置在北纬23°—29°，东经98°30′—106°30′，海拔800—3200米。分布区处于横断山脉高山峡谷地区和云贵高原的山岳地带，自然环境条件复杂多样，其地理位置对云南松种源研究非常重要。本研究课题是为了了解云南松不同产地间的生长状况及其它性状；为各造林区选择最适种源；为母树林的规划、种子园的建立和种子调拨范围提供依据；发掘与收集各种优良类型的亲本，为育种提供原始材料。本文报道苗期的试验结果。

材料与方法

试验种源采自云南、四川和贵州的27个天然林分，各种源产地及地理位置见表1。各采种林分以5株无明显缺陷的优势木 (dominant) 或亚优势木 (subdominant) 为采种母树。

试验于1982年8月在昆明植物所进行。参试种源27个，分别播种于15×18厘米的瓦盆中。每种源播150盆，每盆播5粒种子。出苗后每盆留苗1株，苗期管理一致。按种源随机排列，三次重复。以云南安宁种源 (1号) 为对照，定期进行苗高、地径测定和生长情况观察。

试验地海拔2000米，年平均气温12.4°C，最高气温29.9°C，最低气温-7.9°C。年降

1986-11-05收稿

水量1034.9毫米，相对湿度77%，试验用土为自然红壤土，pH值6.7，全氮含量0.16%，全磷为0.30%，速效钾折合每亩约9千克。

表1 产 地 名 称 及 地 理 位 置

Tab. 1 Name and geographical position of producing area

代号	产地名称	地理位置 N	地理位置 E	代号	产地名称	地理位置 N	地理位置 E
1	安宁	24°3′	102°30′	16	丽江石鼓	26°54′	99°57′
2	巧家	27°21′	102°57′	18	碧江	26°33′	98°54′
3	罗平八大河	24°40′	104°30′	19	永胜仁里	26°29′	101°01′
4	罗平阿岗	25°04′	104°09′	20	永平	25°26′	99°32′
5	文山马塘	23°33′	104°00′	21	永平热水塘	25°17′	99°30′
6	文山马塘区	23°23′	104°15′	35	石屏牛达	23°47′	102°30′
7	广南飞伦	24°06′	104°54′	36	石屏	23°50′	102°33′
8	广南新街	24°00′	104°36′	37	西昌	27°50′	102°20′
9	嵩明	25°21′	102°46′	38	冕宁里庄	28°15′	101°51′
10	嵩明岩峰	25°19′	102°43′	39	冕宁麦地	28°10′	101°46′
11	禄劝撒营盘	26°00′	102°30′	40	威宁黑石头	26°45′	104°00′
12	禄丰	25°10′	101°54′	41	威宁炭山	26°48′	104°10′
13	腾冲固永	25°21′	98°16′	45	天池	25°55′	99°18′
15	丽江漾西	26°48′	100°15′				

结 果 和 分 析

1.各种源苗木的生长情况

试验结果（表2）表明，云南松各种源苗期生长差异明显，21个月生苗高超过对照种源的有腾冲（13）、碧江（18）、罗平（3）、永平（20、21）、禄丰（12）、西昌（37）、嵩明（9）、威宁（40）、丽江（15）等10个种源，占参试种源的37%。尤以腾冲（13）、碧江（18）、罗平（3）生长最好，分别为对照的205.3%、184.1%、175.3%。低于对照的有15个种源，占参试种源的63%，其中采自四川冕宁（38)的仅为

对照的56.2%。21个月生地径超过对照种源有18个，占参试种源的66.7%。其中广南（8，7）、石屏（36）、文山（6）生长最好，分别为对照的157.4%、154.4%、151.4%、149.4%。低于对照的有7个种源，占参试种源的33.3%。

表2　各种源苗木生长情况

Tab. 2　Seedling growth of provenances

代号	产地	苗高（厘米）	对照 %	地径（厘米）	对照 %	代号	产地	苗高（厘米）	对照 %	地径（厘米）	对照 %
1	安宁ck	17.43	100	1.01	100	35	石屏	15.12	86.7	1.39	137.6
13	腾冲	35.80	205.3	0.99	98.0	16	丽江	14.52	83.3	0.92	91.0
18	碧江	32.09	184.1	0.94	93.0	36	石屏	14.13	81.1	1.53	151.4
3	罗平	30.56	175.3	0.94	93.0	7	广南	14.08	80.7	1.56	154.4
21	永平	20.98	120.3	1.16	114.8	10	嵩明	13.96	80.0	1.15	113.8
20	永平	19.90	114.1	1.36	134.6	19	永胜	13.91	79.8	1.28	126.7
12	禄丰	19.34	110.9	1.44	142.5	45	天池	13.86	79.5	1.02	100.9
37	西昌	19.07	109.4	1.06	104.9	11	禄劝	13.05	74.8	1.31	129.7
9	嵩明	18.58	106.5	1.05	103.9	5	文山	12.64	72.5	1.32	130.6
40	威宁	18.21	104.4	1.42	140.5	41	威宁	11.43	65.5	1.05	103.9
15	丽江	17.50	100.4	1.05	103.9	39	冕宁	11.29	64.7	1.25	123.7
2	巧家	15.71	90.1	0.97	96.0	38	冕宁	9.81	56.2	0.97	96.0
6	文山	15.62	89.6	1.51	149.5	8	广南	11.62	66.6	1.59	157.4
4	罗平	15.40	88.3	0.96	95.0						

2.苗木生长方差分析

根据测定结果，对21个月生苗高、地径进行统计（表3）。

表3　苗高、地径生长计算表

Tab. 3 Calculating table of the height increment and the diameter at ground level of seedlings

项目	Ⅰ重复		Ⅱ重复		Ⅲ重复		Σ		$(\Sigma X_i)^2$	
	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D
ΣX_j	476.4	29.65	464.47	33.52	446.62	33.26	1387.49	96.43		
$(\Sigma X_j)^2$	226956.96	879.12	215732.38	1123.59	199469.42	1106.22	642158.7	3108.93		
ΣX_j^2	9511.01	33.80	9109.08	43.43	843.18	42.47	27051.27	119.7		
$\Sigma(\Sigma X_j)^2$									80220.83	355.78

用表3数据进行苗高方差分析：

$$\text{校正数}C = \frac{1}{mk}\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{k}X_{ij}\right)^2 = \frac{1387.49^2}{81} = 23767.02$$

总变异平方和 $L_{总}=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{k}X^2_{ij}-C=27051.27-23767.02=3284.25$

种源间平方和 $L_{种}=\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{k}\left(\sum_{i=1}^{m}X_i\right)^2-C=\frac{80220.83}{3}-23767.02$

$=2973.26$

重复间平方和 $L_{重}=\frac{1}{K}\sum_{i=1}^{m}\left(\sum_{j=1}^{k}X_{ij}\right)^2-C=\frac{642158.7}{27}-23767.02=16.64$

机误平方和 $L_{误}=L_{总}-L_{种}-L_{重}$

$=3284.25-2973.26-16.64=294.35$

由此得苗高方差分析表 4 。

表4　各种源苗高方差分析

Table 4　Analysis of variance of the seedling height of provenances

变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	F（理论值）	
					0.05	0.01
种源间	26	2973.26	114.36	20.20**	1.72	2.15
重复间	2	16.64	8.32	1.45	3.18	5.06
机误	52	294.35	5.66			
总变异	80	3284.25				

苗高最小显著差数为：

$$L\cdot S\cdot D_{0.05}=t_{0.05}\sqrt{\frac{2S^2}{m}}=2.008\sqrt{\frac{2\times5.66}{3}}=3.9$$

$$M\cdot S\cdot D_{0.01}=t_{0.01}\sqrt{\frac{2S^2}{m}}=2.678\sqrt{\frac{2\times5.66}{3}}=5.2$$

地径方差分析：表 5 。

表5　各种源地径方差分析

Table 5　Analysis of variance of the seedling diameter at ground level of provenaces

变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	F（理论值）	
					0.05	0.01
种源间	26	3.79	0.146	9.73**	1.72	2.15
重复间	2	0.35	0.175	11.67**	3.18	5.06
机误	52	0.76	0.015			
总变异	80	4.90				

从方差分析结果表明，各种源间苗高、地径差异极显著，用L·S·D法进行 t 测验，得知种源间苗高差异显著程度（表 6 ）。

3.云南松形态特征与经纬度及其苗期生长的相互关系探讨

为探讨各种源地理变异中存在的共同规律及其相互关系，根据测定数据，利用公式①，对27个产地的纬度、经度、海拔、千粒重、子叶数、种子长度、针叶长度、球果长度、株高、地径等十项特征进行相关分析（表7）表明，产地与经度变异的相关关系比纬

$$\gamma = \frac{\Sigma XY-(\Sigma X)(\Sigma Y)/N}{\sqrt{[\Sigma X^2-(\Sigma X)^2/N][\Sigma Y^2-(\Sigma Y)^2/N]}} \cdots\cdots \quad ①$$

度较为显著，有四项特征，即地径与经度的相关关系极显著（$\gamma=1.696$），苗高、子叶数、种子长度都与经度的相关关系显著，相关系数分别为-0.426，0.436，0.440，就是说，由西到东，随着经度的增加，地径逐渐增粗，子叶数增多，种子变长，但苗高生

表7 各项特征的相关关系

Tab. 7 Correlation of various characters

项目	相关系数 γ	t 值	显著 $t_{0.05}=2.06$	极显著 $t_{0.01}=2.787$
苗高与经度的关系	-0.4260	2.367	*	
子叶数与经度的关系	0.4360	2.449	*	
种子长度与经度的关系	0.4400	2.427	*	
地径与经度的关系	1.6960	6.189		**
针叶长度与经度的关系	-0.1460	0.724		
千粒重与经度的关系	-0.0320	0.157		
球果长度与经度的关系	-0.1420	0.704		
针叶长度与纬度的关系	-0.5990	3.667		**
种子长度与纬度的关系	-0.7160	5.086		**
地径与纬度的关系	-0.7680	6.000		**
子叶数与纬度的关系	-0.1910	0.973		
苗高与纬度的关系	-0.0690	0.346		
球果长度与纬度的关系	0.0670	0.329		
千粒重与纬度的关系	0.1940	0.969		
苗高与千粒重的关系	-0.1005	0.495		
苗高与种子长度的关系	-0.2500	1.265		
苗高与针叶长度的关系	0.1680	0.836		
苗高与子叶数的关系	-0.1610	0.870		
苗高与球果长度的关系	-0.1520	0.754		
地径与千粒重的关系	0.1737	0.865		
地径与种子长度的关系	0.1530	0.759		
地径与针叶长度的关系	0.4380	2.387	*	
地径与子叶数的关系	0.0325	0.163		
地径与球果长度的关系	0.1689	0.839		
苗高与地径的关系	-0.0120	0.060		
苗高与海拔的关系	0.0133	0.064		
地径与海拔的关系	0.358	1.839		

表6 各种源苗高生长差异

Tab. 6 Variation of the height increment of seedlings of provenaces

代号	种 源	苗高	差									
13	腾 冲	35.8										
18	碧 江	32.1	3.7									
3	罗平①	30.6	5.2	1.5								
21	永平①	21.0	14.8	11.1	9.6							
20	永 平	19.9	15.9	12.2	10.7	1.1						
12	禄 丰	19.3	16.5	12.8	11.3	1.7	0.6					
37	西 昌	19.1	16.7	13.0	11.5	1.9	0.8	0.2				
9	嵩 明	18.6	17.2	13.5	12.0	2.4	1.3	0.7	0.5			
40	威 宁	18.2	17.6	13.9	12.4	2.8	1.7	1.1	0.9	0.4		
15	丽 江	17.5	18.3	14.6	13.1	3.5	2.4	1.8	1.6	1.1	0.7	
1	安 宁	17.4	18.4	14.7	13.2	3.6	2.5	1.9	1.7	1.2	0.8	
2	巧 家	15.7	20.1	16.4	14.9	5.3	4.2	3.6	3.4	2.9	2.5	
6	文山①	15.6	20.2	16.5	15.0	5.4	4.3	3.7	3.5	3.0	2.6	
4	罗 平	15.4	20.4	16.7	15.2	5.6	4.5	3.9	3.7	3.2	2.8	
35	石屏①	15.1	20.7	17.0	15.5	5.9	4.8	4.2	4.0	3.5	3.1	
16	丽 江	14.5	21.3	17.6	16.1	6.5	5.4	4.8	4.6	4.1	3.7	
36	石 屏	14.1	21.7	18.0	16.5	6.9	5.8	5.2	5.0	4.5	4.1	
7	广南①	14.1	21.7	18.0	16.5	6.9	5.8	5.2	5.0	4.5	4.1	
10	嵩 明	14.0	21.8	18.1	16.6	7.0	5.9	5.3	5.1	4.6	4.2	
19	永 胜	14.0	21.8	18.1	16.6	7.0	5.9	5.3	5.1	4.6	4.2	
45	天 池	13.9	21.9	18.2	16.7	7.1	6.0	5.4	5.2	4.7	4.3	
11	禄 劝	13.1	22.7	19.0	17.5	7.8	6.8	6.2	6.0	5.5	5.1	
5	文 山	12.6	23.2	19.5	18.0	8.4	7.3	6.7	6.5	6.0	5.6	
8	广 南	11.6	24.2	20.5	19.0	9.4	8.3	7.7	7.5	7.0	6.6	
41	威 宁	11.4	24.4	20.7	19.2	9.6	8.5	7.9	7.7	7.2	6.8	
49	冕 宁	11.3	24.5	20.8	19.3	9.7	8.6	8.0	7.8	7.3	6.9	
38	冕 宁	9.8	26.0	22.3	20.8	11.2	10.1	9.5	9.3	8.8	8.4	

$L \cdot S \cdot D_{0.05} = 3.9$

异

0.1																
1.8	1.7															
1.9	1.8	0.1														
2.1	2.0	0.3	0.2													
2.4	2.3	0.6	0.3	0.3												
3.0	2.9	1.2	1.1	0.9	0.6											
3.4	3.3	1.6	1.5	1.3	1.0	0.4										
3.4	3.3	1.6	1.5	1.3	1.0	0.4	0.0									
3.5	3.4	1.7	1.6	1.4	1.1	0.5	0.1	0.1								
3.5	3.4	1.7	1.6	1.4	1.1	0.5	0.1	0.1	0.0							
3.6	3.5	1.8	1.7	1.5	1.2	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1						
4.4	4.3	2.6	2.5	2.3	2.0	1.4	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8					
4.9	4.8	3.1	3.0	2.8	2.5	1.9	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	0.5				
5.9	5.8	4.1	4.0	3.8	3.5	2.9	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	1.5	1.0			
6.1	6.0	4.3	4.2	4.0	3.7	3.1	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	1.7	1.2	0.2		
6.2	6.1	4.4	4.3	4.1	3.8	3.2	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	1.8	1.3	0.3	0.1	
7.7	7.6	5.9	5.8	5.6	5.3	4.7	4.3	4.3	4.2	4.2	4.1	3.3	2.8	1.8	1.6	1.5

$M \cdot S \cdot D_{0.01} = 5.2$

长变慢。根据相关分析，可以在西部地区选择苗高生长快的种源，在东部地区选择地径生长快的种源，以种子长的、子叶数多的为选择优良种源的依据。

纬度与地径、针叶长度、种子长度的相关关系为极显著负相关，其相关系数分别为 -0.768，-0.599，-0.717，就是说，由南到北，随着纬度的增加，地径越来越细，针叶越来越短，种子长度越来越短。根据相关分析，可以在低纬度地区选择地径生长快的种源，以针叶和种子长的为选择优良种源的依据。

地径与针叶长度显著相关（$\gamma = 0.438$）。

结　　论

1.试验结果表明，云南松不同产地间，同一产地不同林分间的遗传差异显著。通过苗期试验，已选出十个种源超过对照（安宁种源），其中以腾冲（13）、碧江（18）、罗平（3）生长最好，为对照的175.3—205.3%，可以在滇中地区进行小面积造林试验。

2.云南松地理变异的初步规律是：苗高生长随经度的增加而减慢。地径随经度的增加而增粗。子叶数随经度的增加而增多。种子长度随经度的增加而增长。地径生长随纬度的增加而减慢。针叶长度和种子长度随纬度的增加而变短。苗高、地径与海拔高度无显著相关。

3.在云南松分布的南部地区选择地径生长快的种源，可以以针叶和种子长的为选择优良种源的依据。在云南松分布的东部地区选择地径生长快的种源，可以以种子长的、子叶数多的为选择优良种源的依据。

参 考 文 献

1 赵仁镕．田间试验方法．北京：农业出版社，1979:301—305

2 中国科学院数学研究所统计组编．常用数理统计方法．北京：科学出版社，1979:56—66

3 Jonathan W Wright. Introduction to Forest Genetics. Academic Press. 1976:253—265

STUDIES ON THE GEOGRAPHICAL PROVENANCE OF PINUS YUNNANENSIS
Ⅰ. SEEDLING TEST

Luo Fangshu, Wan Guohua, Pi Wenling

(Kunming Institute of Botany, Academia Sinica, Kunming)

Abstract A seedling test including the measure and analysis of variance of the height and diameter at ground level of 21-months old seedlings of 27 different provenances of *Pinus yunnanensis* Fr. was carried out. The result showed that the variations of the height and diameter of different provenances of *Pinus yunnanensis* planted in the same experimental plot were very remarkable. We have primarily selected 10 provenances of *Pinus yunnanensis* of which the height increment are faster than those of control and which can be used in forest experiment. In addition to a primary study of the geographical variations of morphological characteristics and their relationship also described.

Key words *Pinus yunnanensis*; Geographical provenance; Seedling test